

# Tandheelkundige Materiaalkennis

door J. N. Tekenbroek

(Vervolg)

## TWEEDE GEDEELTE

### HOOFDSTUK III

#### § 1. *Wassoorten en plastische afdruckmaterialen*

De tandheelkundige materialen, die bij de bovenstaande groepen zijn onder te brengen, hebben met elkaar *gemeen*, dat hun toepassing berust op hun *thermoplastische eigenschappen* en dat voor hun vervaardiging nauw aan *elkaar verwante grondstoffen* worden gebruikt.

In *principe* bevatten deze materialen een *thermoplastische stof*, die er de stevigheid aan moet geven, een *plasticceermiddel*, hetwelk dient om bij bepaalde temperatuurtrajecten het materiaal de gewenste plasticiteit te verlenen en tenslotte vaak *vulmiddelen*, die verschillende functies kunnen vervullen, b.v. het steviger maken van het materiaal in vaste toestand, dan wel het minder kleverig maken in de plastische toestand.

De grondstoffen, die in deze materialen verwerkt worden, behoren hoofdzakelijk tot de twee volgende belangrijke groepen van natuurproducten, te weten de *natuurlijke wassoorten* en de *natuurlijke harsen*. Alvorens tot de behandeling van de hier ter sprake zijnde materialen over te gaan is het nuttig enige der voornaamste vertegenwoordigers van deze beide groepen in het kort te omschrijven.

#### § 2. *Wassoorten*

In het algemeen gesproken is was een *verzamelnaam* voor nogal *uiteenlopende stoffen*. In chemische zin zijn wassen stoffen, die niet ver van vetten afstaan. *Vetten* zijn de *triglyceride-esters* van de bekende hogere vetzuren *palmitinezuur*  $C_{15}H_{31}COOH$ , *stearinezuur*  $C_{17}H_{35}COOH$  en *oliezuur*  $C_{17}H_{33}COOH$ . Wassen zijn eveneens esters van hogere vetzuren, maar in de eerste plaats komen daarin naast de bekende vetzuren als palmitine- en stearinezuur vooral vetzuren voor met nog langere koolstofketens, b.v. het *cerotinezuur*  $C_{25}H_{51}COOH$ . Bovendien zijn de vetzuren, die in wassen voorkomen, niet veresterd met glycerine, dat een tertiaire alcohol is  $(CH_2OHCHOHCH_2OH)$ , maar met primaire alcoholen en wel met primaire alcoholen, die zeer lange koolstofketens bezitten, zoals *myricylalcohol*  $C_{31}H_{63}(OH)$ , *cetylalcohol*  $C_{16}H_{33}OH$ .

De in de natuur voorkomende wassen zijn ingewikkelde mengsels van de zojuist genoemde esters, waarin bovendien nog andere stoffen als vrije vetzuren, hoger koolwaterstoffen en aetherische oliën voorkomen.

Onder de verzamelnaam was worden in de chemische techniek de stoffen samengevat met wasachtige eigenschappen, waarvan het hoofd-

kenmerk is, dat deze stoffen bij gewone temperaturen vast zijn en ongeveer bij lichaamstemperatuur verweken. Zij zijn oplosbaar in benzeen, xyleen, chloroform, terpentijn en aetherische oliën.

Naar hun oorsprong zijn wassen te verdelen in dierlijke, plantaardige, minerale en synthetische wassen.

#### *Dierlijke wassen*

*Bijenwas*, wordt verkregen door het uitsmelten van honingraten. In gebleekte vorm is bijenwas wit, meer onzuiver en ongebleekt is het geel. Chemisch bestaat het voor een groot deel uit een mengsel van cerotinezure en palmitinezure myricylesters. Het smeltpunt is  $62^{\circ}$  à  $67^{\circ}$ . Bij kamertemperatuur is bijenwas een harde, vrij brosse grondstof, bij lichaamstemperatuur week en modelleerbaar, bij temperaturen in de buurt van zijn smeltpunt wordt het kleverig.

*Wolvet of lanolinum anhydricum*, bestaat voornamelijk uit de cholesterollesters van stearine- en palmitinezuur; het staat tussen de wassen en de vetachtige producten in. Wolvet wordt verkregen door het uitkoken van schapenwol; het is in zuivere en watervrije toestand een taaie, geelbruine, bijna reukloze massa, die de eigenschap heeft met water stabiele emulsies te vormen. Lanoline vindt daardoor vooral toepassing als grondstof voor zalven.

*Walschot of spermaceti*, wordt verkregen uit lichaamsholten bij potvissen. Het is een witte, half doorschijnende, glanzende en vettig aanvoelende massa, met plaatvormige kristallijne breuk. Smeltpunt  $43^{\circ}$ — $47^{\circ}$ . Chemisch is het in hoofdzaak de cetylester van palmitinezuur.

#### *Plantaardige wassen*

*Carnauba was*, is de afscheiding op de bladeren van de in Brazilië inheemse Carnaubapalm. Het wordt door het afschrappen van deze bladeren gewonnen en behoort tot de kostbaarste onder de wassoorten. Carnaubawas bevat veel cerotinezure myricylester en is zeer hard en bros. Het smelttraject ligt tussen  $80^{\circ}$ — $91^{\circ}$ . Het wordt gebruikt om wasproducten harder te maken en om er na wrijving glans aan te kunnen geven.

*Japanwas*, wordt verkregen door het uitpersen van de zaden van in Japan groeiende Sumacha boomsoorten. Na zuivering heeft het een lichtgele kleur, het smelt bij ongeveer  $55^{\circ}$  en is in de buurt van zijn smeltpunt in tegenstelling met bijenwas niet kleverig.

#### *Minerale wassen*

*Montaanwas*, wordt gewonnen door extractie van bitumenrijke kolen. Het is een zwartbruin, weinig plastisch product met een smelttraject tussen  $80^{\circ}$  en  $90^{\circ}$  en wordt vaak in plaats van de duurdere carnaubawas gebruikt. Montaanwas bestaat voornamelijk uit hoogmoleculaire zuren als montaanzuur  $C_{28}H_{57}COOH$  en carbocerinezuur  $C_{26}H_{53}COOH$ .

*Aardwas*, (ozokoriet, ceresine) is een aan de aardolie verwant product, welk als zodanig uit de grond gedolven wordt. Het wordt echter ook als destillatie-residu van sommige aardoliesoorten gewonnen. Aardwas is een amorf wasachtig product met een smelttraject van  $60^{\circ}$ — $80^{\circ}$ , het bestaat uit een mengsel van zeer hoge koolwaterstoffen. Het is de grondstof van de waskaarsen.

*Paraffine*, dat een zuivere koolwaterstof is ( $C_{20}H_{42}$  tot  $C_{30}H_{62}$ ), kan dus feitelijk geen wassoort genoemd worden, maar wordt in plaats van en naast was in vele materialen als grondstof gebruikt. Het is een destillatieproduct van de aardolie-industrie en wordt geleverd als harde paraffine met een smeltpunt tussen  $52^{\circ}$ — $56^{\circ}$  en als zachte paraffine met smeltpunten daar beneden (vaseline is o.a. tot deze rubriek te rekenen).

### *Synthetische wassen*

De in de natuurlijke wassen voorkomende stoffen kunnen alleen synthetisch gemaakt worden dan wel uit andere bronnen zuiver verkregen worden. Door menging van dergelijke stoffen kunnen wassoorten samengesteld worden met ongeveer dezelfde eigenschappen als de natuurlijke producten. In het algemeen echter staan deze producten bij de natuurlijke wassen in eigenschappen ten achter.

*Stearine*, dat uit vetten en oliën bereid wordt, is evenmin als paraffine in chemische zin een was, maar het heeft zowel het uiterlijk als de eigenschappen van was en wordt dan ook als zodanig in verschillende materialen gebruikt. Stearine is chemisch zuiver stearinezuur. Het heeft een kristallijne structuur, in de koude is het bros, het smeltpunt is  $65^{\circ}$ .

### § 3. *Natuurlijke harsen*

De natuurlijke harsen worden in de plastische tandheelkundige materialen veelal als de grondstof gebruikt, die de vastheid aan het materiaal moet geven. Het zijn bij gewone temperaturen harde en brosse stoffen met in het algemeen hogere verwekings- en smeltemperaturen dan de wassen. In chemisch opzicht zijn het ingewikkelde mengsels van moeilijk te identificeren stoffen. Wat hun chemische samenstelling betreft, wordt hier volstaan met het vermelden, dat zij naast aetherische oliën voornamelijk harszuren, harsalcoholen en esters daarvan bevatten, in welke stoffen veelal onverzadigde verbindingen voorkomen, waardoor hun neiging tot polymeriseren (harsvorming) te verklaren is. Natuurlijke harsen zijn onoplosbaar in water, maar oplosbaar in alcohol, aether en chloroform.

*Copal*, is een vooral in afdrukmassa's veel gebruikte grondstof. Het is feitelijk een verzamelnaam van een reeks harsproducten van verschillende herkomst, die men naar de plaatsen noemt, waar zij vandaan komen (Mozambique copal, Manilla copal, Angola copal enz.). Het is een barnsteenachtig product, dat in grote stukken geleverd wordt.

Men heeft harde en zachte copalsoorten. Het smeltpunt kan hoog zijn, zelfs 200 à 230°. Het is een half fossiel product van de tropische oerwouden en vooral Zuid-Oost Afrika is als plaats van herkomst bekend.

*Colophonium*, is het harsachtige product, dat overblijft bij de winning van terpentijn, hetwelk geschiedt door het destilleren van de hars, die door verschillende coniferensoorten wordt afgescheiden. Het is een glanzend, glasachtig en zeer bros materiaal. De betere soorten zijn volkomen doorzichtig en naar gelang van de zuiverheid lichtgeel tot bruinzwart van kleur. Bij 70° à 80° verweekt het, terwijl zijn smelttraject tussen 90°—100° ligt.

*Dammarhars*, wordt door coniferensoorten afgescheiden, die o.a. veel op Sumatra voorkomen. Het is een bros en gemakkelijk te verpoederen harssoort, meestal in ronde of peervormige korrelvorm geleverd. Er zijn soorten, die eerst bij 180° smelten en bij 100° nog niet verweekt zijn. Daarnaast zijn er soorten, die bij 75° verweken, bij 100° dik vloeibaar en bij 150° dun vloeibaar zijn.

*Mastix*, is de harssoort, die gewonnen wordt uit een struikachtige boom, de *Pistacia Lentiscus*, die o.a. op het Griekse eiland Chios veel voorkomt. In uiterlijk is mastix een rond tot peervormig korrelig product, hard en bros, bleekgeel van kleur, geeft glasachtige breukvlakken en heeft een zwak aromatische geur en smaak. Bij verhitting wordt het een taaie massa, bij het kauwen in de mond valt het niet uiteen, maar vormt een plastische massa.

*Sandarac*, wordt bereid uit het sap van de Sandaraccypressen, die o.a. veel in Noord-Afrika (Marokko) voorkomen. Het is een doorzichtig, lichtgeel tot lichtbruin gekleurd product, dat bij ongeveer 130° smelt.

*Schellak*, wordt verkregen uit de afscheiding op de bladeren van sommige tropische planten (Sapindacee, *Schleicheria trijuga*), dat daaruit afgescheiden wordt door de steek van een op die bladeren levende schildluissoort. Het komt in dunne, hoekige stukken in de handel. In de koude is het bros en hard. Schellak is een bekende grondstof voor lakken, vernissen en verschillende kitten.

*Canadabalsem*, behoort tot de zachte, natuurlijke harssoorten, die als groep gewoonlijk als balsems worden aangeduid. Het is afkomstig van een in Canada inheemse conifeer (*Abies balsamea, canadensis*). Het is in verse toestand een lichtgele heldere, dikvloeibare vloeistof, die uit een mengsel van aetherische oliën en harsachtige stoffen bestaat. Aan de lucht droogt het door verdamping van zijn aetherische bestanddelen tot een heldere, doorzichtige laklaag in.

*Perubalsem*, dat als grondstof in sommige afdrukpasta's gebruikt wordt, is afkomstig van de *Myroxylon Pereirae*, welke in Zuid-Amerika (Peru en San Salvador) inheems is. Het is een donkerbruine, heldere, visceuze vloeistof, die aan de lucht niet verhardt. Het bevat

een rijk mengsel van aetherische oliën, waaronder onverzadigde aromatische alcoholen, zuren en esters daarvan. Aan de lucht blootgesteld droogt het niet zoals Canada balsem in.

#### § 4. *Plastische afdrukmassa's*

Indien de eisen geformuleerd worden, waaraan het plastische gedrag van deze materiaalsoort moet voldoen, dan komt men tot de volgende twee punten.

1e. Op een temperatuur die niet hoger mag zijn dan de tempera-

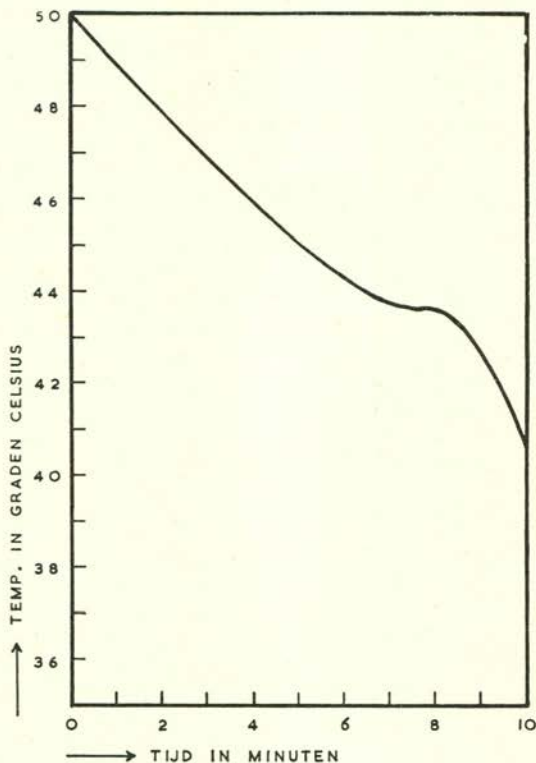


Fig. 14

tuur, waarop deze materialen in de mond gebruikt kunnen worden zonder de patiënt pijn of schade te berokkenen, moeten zij voldoende plastisch zijn om het maken van scherpe afdrukken mogelijk te maken.

2e. Op een temperatuur even boven die van de mond moeten zij voldoende verstard zijn, dat de afdruk zonder gevaar voor een blijvende plastische vervorming uit de mond verwijderd kan worden.

Een thermische analyse van een goede afdrukmassa geeft een verloop, zoals voorgesteld wordt door fig. 14. Voor het bepalen van een dergelijke *afkoelingskromme* omgeeft men het kwikreservoir van een

gevoelige thermometer met plastisch gemaakte afdrukmasa en laat deze afkoelen, waarbij iedere minuut de temperatuur opgetekend wordt. De afkoelingskromme vertoont bij ongeveer  $43^{\circ}$  à  $44^{\circ}$  een min of meer *horizontaal* stuk, hetgeen er op wijst, dat, alhoewel de massa bij die temperatuur wel warmte afstaat, de temperatuur toch min of meer constant blijft. Dit wordt veroorzaakt doordat een der compo-

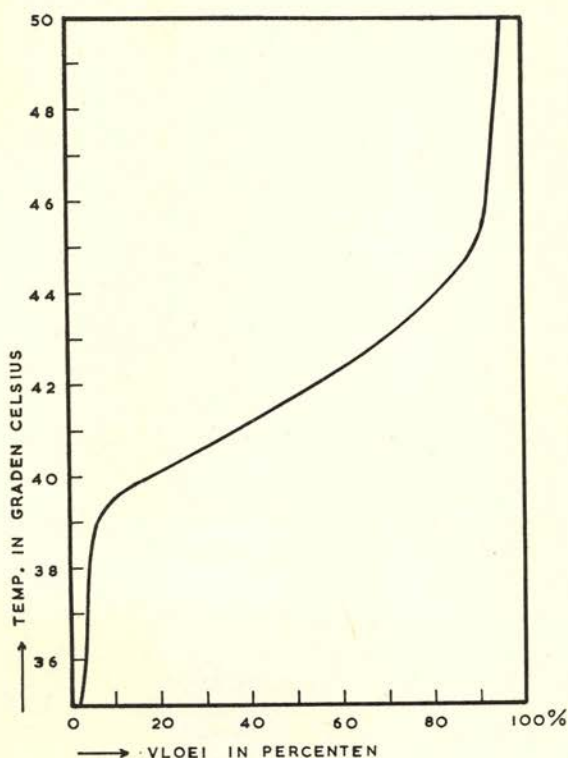


Fig. 15

nenten bij die temperatuur kristalliseert, waarbij de vrijkomende kristallisatiewarmte de temperatuur constant tracht te houden.

Gaat men van deze zeldige goede afdrukmasa het verloop van de *plasticiteit* met het afnemen der temperatuur na, dan krijgt men een grafisch verloop te zien, zoals fig. 15 dat aangeeft.

Teneinde deze laatste kromme te kunnen bepalen, moet voor de plasticiteit een maat gevonden worden en daartoe gaat men als volgt te werk. Er worden proefblokjes van de afdrukmasa's gemaakt met een bepaalde hoogte (6 mm) en een bepaalde diameter (10 mm). Deze proefblokjes worden bij verschillende temperaturen gedurende

een bepaalde tijd (10 minuten) belast met een bekend gewicht (2000 gram). Onder invloed van de belasting zullen de proefblokjes plastisch vloeien en daardoor in hoogte afnemen. Na het opheffen van de belasting en na afkoeling tot kamertemperatuur bepaalt men met behulp van een micrometer de afname in hoogte van de verschillende proefblokjes. In procenten van de oorspronkelijke hoogte uitgedrukt geeft deze afname in hoogte de gezochte maat voor de plasticiteit, voor de vloeï of stuik van het materiaal bij de verschillende temperaturen.

Zoals onder het bovengenoemde punt 1 is vermeld, moet de plasticiteit, en als maat daarvan de vloeï, bij  $\pm 45^\circ$  dusdanig groot zijn, dat bij die temperatuur onder het aanwenden van een toepasbare druk, een scherpe afdruk verkregen kan worden, terwijl volgens punt 2 iets boven  $37^\circ$  deze vloeï een dusdanige minimumwaarde moet hebben, dat de afdruk zonder kans op blijvende vervorming uit de mond genomen kan worden. Door proeven, die in Amerika door het *Bureau of Standards* in opdracht van de Am. Dent. Ass. zijn uitgevoerd, heeft men de grootte van de vloeï weten vast te stellen, die een plastische afdrukmasa bij verschillende temperaturen moet hebben om aan de eisen te voldoen, die de clinicus bij het nemen van afdrukken aan dit materiaal stelt. Deze waarden voor de vloeï zijn door het Bureau of Standards als volgt geformuleerd:

- de vloeï bij  $37^\circ$  mag niet meer dan 6 % zijn;
- de vloeï bij  $40^\circ$  mag niet minder dan 20 % zijn;
- de vloeï bij  $45^\circ$  mag niet minder dan 85 % zijn.

Het is de taak van de fabrikant om door de juiste keuze en menging van grondstoffen een afdruk materiaal te maken, die o.a. aan deze eisen voldoet.

De juiste samenstelling van zijn product houdt de fabrikant zorgvuldig geheim. In de literatuur vindt men meerdere maar sterk uiteenlopende recepten opgegeven voor afdrukmasa's. Men kan uit deze verscheidenheid concluderen, dat er meerdere wegen zijn om tot een goed materiaal te kunnen komen. De waarde van een recept in deze is trouwens betrekkelijk, want onder dezelfde naam vindt men er een grondstof bij aangegeven, die, daar het hier natuurproducten betreft, van partij tot partij in eigenschappen kan verschillen.

Om een indruk te geven omtrent de principiële samenstelling van plastische afdrukmasa's volgen hier een tweetal aan de literatuur ontleende recepten.

TABEL VII

I	II
dammarhars . . . . . 32%	manillacopal . . . . . 20%
stearinezuur . . . . . 16%	colophonium . . . . . 20%
talkpoeder . . . . . 52%	carnaubawas . . . . . 7%
(kleurstof)	stearinezuur . . . . . 4%
	talkpoeder . . . . . 49%

Bij het eerste recept is dammarhars de *plastische stof*, stearinezuur de *weekmaker* en talkpoeder het *vulmiddel*, terwijl bij het tweede recept copal en colophonium samen de plastische component vormen, carnaubawas en stearinezuur het plasticceermiddel, terwijl talk hier wederom als vulstof dient.

Daarnaast bestaan er nog vele andere recepten voor het samenstellen van afdrukmassa's, waarin andere hars- en wassoorten in grotere verscheidenheid als grondstof voorkomen. De tandarts Charles Stent was de eerste, die dit soort afdrukmassa's samenstelde (1873). Naar hem noemt men deze materiaalsoort als regel nog stents. Het oorspronkelijke recept van Stent bevatte o.a. een in die jaren veel gebruikte grondstof, het kraplak. Dit is een roodbruine verflak, die bereid werd uit meekrapwortelen; de roodbruine kleur, die men bij deze afdrukmassa's ook thans nog veelal gehandhaafd ziet, zal in oorsprong waarschijnlijk wel van deze grondstof afkomstig zijn.

In vrijwel alle recepten van afdrukmassa's treft men stearinezuur aan. Zoals reeds besproken werd, is stearinezuur een gekristalliseerde stof met, in zuivere toestand, een smeltpunt van  $65^{\circ}$ , doch gemengd met de andere ingrediënten van de afdrukmassa zal het daarin een smeltpuntverlaging ondergaan.

Ongetwijfeld is het stearinezuur in de afdrukmassa's de component, die het besproken horizontale niveau in de afkoelingskromme bij ongeveer  $43^{\circ}$  veroorzaakt. Zodra het stearinezuur gaat smelten, vormt de olie, die daarbij ontstaat, een uitstekend plasticceermiddel, dat de plasticiteit van de, inmiddels door de temperatuurstijging reeds wat verweekte, plastische stoffen sterk helpt verhogen. Vrij abrupt verliest het stearinezuur zijn waarde als plasticceermiddel weer, wanneer het gaat uitkristalliseren en de daarbij gevormde kristallen verhogen bovendien in sterke mate de inwendige wrijving in de massa. Hier ligt de verklaring van het merkwaardige plastische gedrag van afdrukmassa's, die over een kort temperatuurtraject van plastisch tot een moeilijk vervormbare massa moeten verstarren.

De meeste natuurharsen worden kleverig als zij verweken en het behoort ongetwijfeld tot de taak van het vulmiddel — in de opgegeven recepten talk — om deze kleverigheid bij hogere temperatuur te bestrijden. Het is immers bekend, dat kleverige substanties door toevoeging van poedervormige stoffen hun adhaesie verliezen. Aan het grote totaaloppervlak van het poeder verbinden zich de restvalenties, die het adhaesieve gedrag van een kleverige stof veroorzaken, waardoor de adhaesieve eigenschap van de massa tegenover andere stoffen verdwijnt. Verhit men een afdrukmassa te *hoog*, dan neemt de kleverigheid dusdanig toe, dat de aanwezige hoeveelheid vulstof te kort gaat schieten in deze taak. De massa wordt dan tenslotte toch kleverig, hetgeen een ieder, die wel eens met deze massa's gewerkt heeft, uit ervaring weet.

Omtrent de vormbestendigheid van de met stents gemaakte afdrukken dienen enkele opmerkingen gemaakt te worden.

In de eerste plaats wordt hier herinnerd aan hetgeen in hoofdstuk



VIII T. v. T. 1950, blz. 252 is opgemerkt over een *traject van elastische eigenschappen*, dat bij het verweken van sommige amorfe stoffen kan worden doorlopen. Als in een afdrukmassa als plastische grondstof een amorfe stof gebruikt wordt, die een dergelijk min of meer elastisch traject bij  $37^{\circ}$  à  $40^{\circ}$  heeft, kan zo'n afdrukmassa inderdaad bij het verwijderen uit de mond, zij het in zeer beperkte mate, wat elastische eigenschappen vertonen. Bij het verwijderen van de afdruk uit de mond zal de massa dan bij niet al te grote ondersnijdingen elastisch kunnen terugveren en daardoor niet of althans minder vertrekken.

Verder wordt herinnerd aan hetgeen in vroegere hoofdstukken over *relaxatie, elastische nawerking* en *thermisch terugveren* is behandeld.

Er kunnen in een afdruk inwendige spanningen voorkomen en wel door een ongelijkmatige verwarming bij het plastisch maken van de massa, door ongelijkmatige afkoeling van de afdruk in de mond en tenslotte door ongelijkmatige drukverdeling bij het nemen van de afdruk. Door het relaxeren van deze inwendige spanningen kan bij het bewaren van de afdruk een plastische vervorming optreden met als gevolg een vervorming van de afdruk. Het thermische terugveren van aanwezige spanningen met als gevolg vormverandering van de afdruk kan bij het uitgieten plaats hebben onder invloed van de warmteontwikkeling, die het verharden van de gips vergezelt.

De elastische nawerking, die zich direct na het verwijderen van de afdruk voltrekt, speelt alleen een rol bij die afdrukmassa's, die bij de mondtemperatuur wat elastische eigenschappen hebben. De relaxatie van inwendige spanningen, die zich na verloop van enige tijd voltrekt, treedt bij afdrukmassa's minder op de voorgrond dan bij de straks te bespreken wassoorten, omdat de eerstgenoemde bij kamertemperatuur veel vaster zijn.

Men moet zich bij het gebruik van deze afdrukmaterialen een techniek eigen maken, die het ontstaan van inwendige spanningen zoveel mogelijk voorkomt. Daartoe moeten enige punten in acht genomen worden. De afdrukmassa moet homogeen van temperatuur zijn; onjuist is het met een te weinig plastisch gemaakt materiaal een afdruk te nemen, men moet de massa gelegenheid geven om te kunnen vloeien en daarom de druk bij het nemen van de afdruk geleidelijk laten toenemen. Tijdens het afkoelen en hard worden in de mond moet de afdruklepel niet bewogen worden. Geforceerd koelen met koud water verhoogt de kans op het „invriezen” van inwendige spanningen.

De *thermische uitzettingscoëfficiënt* van deze afdrukmaterialen is zeer hoog. Vooral voor de directe inlay-techniek is het van belang te weten, dat door afkoeling van de mond- tot kamertemperatuur de afdruk  $0,3$  à  $0,4$  % lineair krimpt.

Afdrukmassa's zijn door warmtewerking *niet te steriliseren*. Bij de daarvoor benodigde temperatuur kunnen enkele van hun componenten ontleden, terwijl de massa bovendien ontmengd wordt. Bij deze ontmenging gaat o.a. de goede *dispersiegraad* van het stearinezuur verloren en verliest het materiaal zijn op het juiste temperatuurtraject afgestemde plastische eigenschappen. Het materiaal is dan bedorven.

Het stearinezuur is in de afdrukmassa fijn gedispergeerd aanwezig, hetgeen een noodzakelijke voorwaarde is. Bij verwarming en afkoeling immers kan het stearinezuur daardoor zijn plasticerende en verstarrende werking door de gehele massa heen direct zeer plaatselijk uitoefenen. Bij te hoge verhitting van de afdrukmassa echter zal het gesmolten stearinezuur, o.a. daartoe mede in staat gesteld door de sterk verminderde viscositeit der massa, tot grotere oliedruppels gaan samenballen. De juiste dispersiegraad van het stearinezuur gaat daardoor verloren en daarmee het juiste plastische gedrag van de massa bij de besproken temperaturen. Men mag daarom deze plastische afdrukmassa's nooit te hoog verhitten.

### § 5. Tandheekundige wassoorten

In de tandheelkunde worden drie wassoorten gebruikt, namelijk *kleefwas*, *modeleerwas* en *gietwas*.

*Kleefwas* wordt o.a. gebruikt voor het in de juiste positie t.o.v. elkaar opstellen van onderdelen van te vervaardigen werkstukken. Er worden aan dit materiaal geen andere eisen gesteld dan dat het een behoorlijke kleefkracht moet hebben. Sommige was- en harssoorten hebben de eigenschap in vloeibare of halfvloeibare toestand zeer kleverig te zijn. De adhaesie t.o.v. andere stoffen, die bij kleefmiddelen zo zeer op de voorgrond treedt, wordt veroorzaakt door polaire groepen aan de moleculen dezer stoffen. Onder de wassoorten is het vooral de bijenwas, die bij hogere temperatuur zeer kleverig wordt; bij de harsen zijn er meerdere vertegenwoordigers, die deze eigenschap bezitten, o.a. colophonium en dammarhars. De onderstaande recepten dienen om een indruk te geven van de samenstelling van kleefwas, zoals die in de tandheelkunde wordt gebruikt.

TABEL VIII

I	II	III
colophonium . . . 65%	colophonium . . . 15%	dammarhars . . . 9%
gele bijenwas . . . 35%	dammarhars . . . 15%	colophonium . . . 33%
	gele bijenwas . . . 70%	witte bijenwas . . . 58%

*Modeleerwas* is de bekende rode of rose was der tandheelkunde, die hoofdzakelijk gebruikt wordt bij het in was opstellen van prothesen. Deze wassoort moet bij kamertemperatuur voldoende hard maar niet bros zijn en een nogal lang verwekingstraject hebben. Dit wordt bereikt door een geschikte menging van wassoorten, soms onder toevoeging van aetherische of gewone vette oliën als plasticermiddel. In de zomer wordt veelal een wat hardere wassoort verlangd dan in de winter. De volgende recepten kunnen oriënteren over de samenstelling van modeleerwas; ook hier zijn meerdere wegen, die naar een bruikbaar product voeren.

TABEL IX

I	II	III
witte bijenwas . . . 72%	witte bijenwas . . . 80%	witte bijenwas . . . 70%
paraffine (zacht) . . 28%	terpentijn . . . . . 16%	terpentijn . . . . . 22%
	katoenzaadolie . . . 4%	katoenzaadolie . . . 8%
	(zomerwas)	(winterwas)

In de recepten II en III zijn terpentijn en katoenzaadolie als plasticeermiddel aanwezig, in recept I vervult het paraffine deze rol.

*Gietwas* is de wassoort, waaraan de tandheelkunde hoge eisen te stellen heeft, omdat het hier een materiaal betreft, dat gebruikt wordt bij het tandheelkundige gieten, welke bewerking grote nauwkeurigheid vereist en waarbij de eigenschappen en de behandeling van de gietwas een voorname rol spelen.

Hetgeen omtrent het plastische gedrag bij de bespreking van de afdrukmassa's is opgemerkt, geldt ook voor gietwas. Bij een temperatuur boven die van de mond, maar lager dan de temperatuur welke daarin om physiologische redenen niet meer toelaatbaar is, moet gietwas voldoende plastisch zijn om in de caviteiten te kunnen worden aangebracht en in staat zijn daarvan een zeer scherpe weergave te geven, terwijl het daarbij geen adhaesieve eigenschappen (kleefkracht) mag hebben. Enige graden boven de temperatuur van de mond moet gietwas vormbestendig zijn en een dusdanige consistentie hebben, dat de was zich met een modeleermesje gemakkelijk laat snijden zonder daarbij te brokkelen.

Ook voor gietwas geldt, dat de fabrikant door een juiste keuze van grondstoffen aan zijn product de gewenste eigenschappen moet trachten te geven, waarbij, en dit in onderscheid met de afdrukmassa's, de beperking is opgelegd, dat hier geen anorganische vulmiddelen gebruikt kunnen worden, aangezien gietwas practisch asvrij moet zijn. Bij verbranding immers mag gietwas geen restant achter laten.

Zoals dat bij alle tandheelkundige materialen het geval is, houden de fabrikanten de samenstelling en vervaardigingswijze van hun product zorgvuldig geheim. Aangezien echter een tandarts zelf zijn materialen niet behoeft te maken, behoeft men dit niet zwaar op te nemen. Voor de tandarts is slechts noodzakelijk, dat hij over de principiële samenstelling van een materiaal georiënteerd is, om er de eigenschappen van te kunnen begrijpen, teneinde te weten wat met een materiaal te bereiken is en welke punten bij de verwerking in acht genomen moeten worden.

De kennis van de juiste procentuele samenstelling van een materiaal is trouwens nog maar van beperkte waarde, aangezien de vervaardigingswijze de eigenschappen van een materiaal voor een groot deel mede bepaalt en het „know how” ener fabricatie vindt men in een recept niet vermeld.

De volgende recepten voor gietwas, ontleend aan de literatuur, oriënteren over de samenstelling van gietwas.

TABEL X

I	II	III
gele bijenwas . . . 10%	dammarhars . . . 43%	carnaubawas . . . 25%
dammarhars . . . 10%	witte bijenwas . . . 6%	witte bijenwas . . . 5%
aardwas . . . . . 20%	stearinezuur . . . 43%	paraffine . . . . . 60%
paraffine . . . . . 30%	paraffine . . . . . 4%	ceresine . . . . . 10%
carnaubawas . . . 30%	terpentijn . . . . . 4%	(kleurstof) . . . . .
(kleurstof)	(kleurstof)	

Evenals bij afdrukmassa's treft men hier plastische stoffen voor het verlenen van de vereiste stevigheid en plasticceermiddelen om de plasticiteit in het juiste temperatuurtraject te verzorgen. Maar bij gietwas kan, zoals reeds vermeld, het toevoegen van vulmiddelen geen

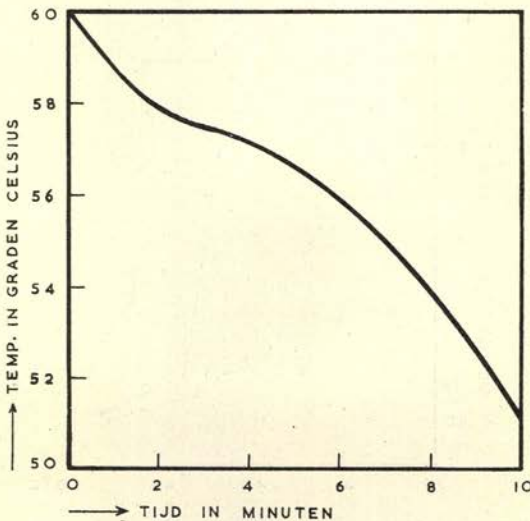


Fig. 16

steun verlenen om tot de gewenste eigenschappen te komen. Het asvrij moeten zijn van gietwas legt bovendien de beperking op slechts de allereerste grondstoffen te kunnen gebruiken.

Bepaalt men op de bij de bespreking van de afdrukmassa's reeds aangegeven methode de *afkoelingskromme* van gietwas, dan krijgt men een analoog verloop te zien. (fig. 16)

Het verloop van de *plasticiteit* wordt bij gietwas op dezelfde wijze bepaald als bij afdrukmassa's (een proefblokje, hoog 6 mm, diameter 10 mm wordt gedurende 10 min. bij verschillende temperatuur belast met 2000 gr). Ook hier heeft een onderzoek van het Bureau of Standards in opdracht van de Am. Dent. Ass. de waarden weten aan te geven, die het vloeien mag hebben, wil een gietwas in de praktijk

bruikbaar blijken te zijn. De betreffende waarden zijn voor gietwas als volgt geformuleerd:

vloei bij 37,5° mag niet meer dan 1% zijn  
 „ „ 38,0° „ „ „ „ 5% „  
 „ „ 42,0° „ „ minder „ 5% „  
 „ „ 45,0° „ „ „ „ 50% en niet meer dan 75% zijn.

In vergelijking met de eisen voor afdrukmassa's (zie blz. 106) zijn de eisen voor gietwas scherper gesteld, hetgeen natuurlijk zijn oorzaak vindt in de meer nauwkeurigheid vereisende bewerking, waarbij de gietwas gebruikt wordt.

Ontleend aan de desbetreffende publicatie van het Bureau of Standards geeft fig. 17 het verloop aan van de vloei bij verschillende temperaturen van een drietal gietwasmonsters.

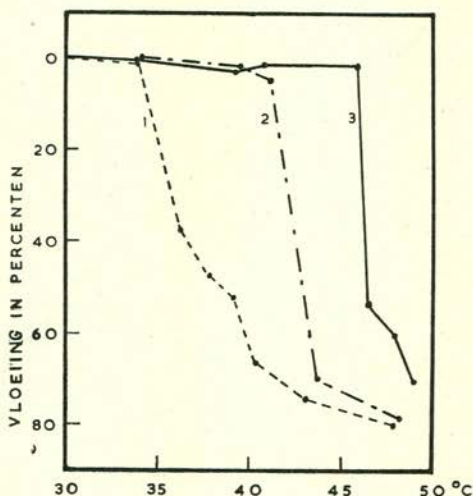


Fig. 17

De lijn 1 betreft een gietwas, die bij mondtemperatuur (37°) nog een vloei van 42% geeft, hetgeen dit wasmonster als onbruikbaar voor gietwas bestempelt. De lijn 2 betreft een praktisch ideale gietwas wat zijn plastische eigenschappen aangaat. Bij mondtemperatuur voldoende hard, terwijl vanaf ± 41° nog een groot temperatuurtraject beschikbaar is om de was in goede plastische toestand te kunnen verwerken. De lijn 3 betreft een gietwas, die te spoedig hard wordt, waardoor een onvoldoende temperatuurtraject beschikbaar blijft voor de bewerking van de was in de mond.

#### *Thermische uitzettingscoëfficiënt*

Uit hetgeen omtrent het gietproces is medegedeeld bij de bespreking van inbedmassa's bleek, dat thermische expansie van de gietwas een

rol speelt bij het gietproces. Gietwas is, zoals besproken werd, in vaste toestand een mengsel van amorfe en kristallijne of semikristallijne componenten; het betreft hier dus een heterogene massa. Bij verwarming zal bij een bepaalde temperatuur de kristallijne component beginnen te smelten en bij stijging der temperatuur zullen steeds meer kristallen in de nog vaste gietwas in een vloeibare toestand overgaan, welke overgang steeds met een volumevergroting, met een expansie, gepaard gaat. Dit verklaart, dat de kromme, die de uitzettingscoëfficiënt van gietwas bij verschillende temperatuur aangeeft, geen lineair verloop heeft, zoals bij de vaste stoffen gewoonlijk het geval is,

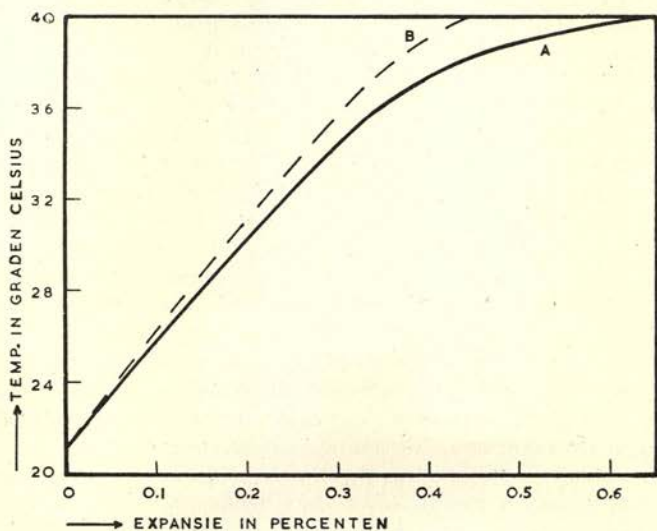


Fig. 18

maar een verloop vertoont, als aangegeven in de grafische voorstelling van fig. 18.

Bij temperaturen boven de  $37^{\circ}$  neemt de expansie, blijkens het meer horizontaal gaan verlopen van de kromme, merkbaar toe. Uit de grafiek valt verder af te lezen, dat bij verhitting van gietwas van kamertemperatuur tot  $37^{\circ}$  de thermische expansie 0,3 à 0,4% lineair bedraagt. Dit is dan ook de waarde, die bij de bespreking van de inbedmassa's in het vorige hoofdstuk aangenomen werd bij de beschouwingen over de volumewijzigingen, die bij het gietproces optreden. De thermische expansie van gietwas is voor een vaste stof zeer hoog en neemt, waarop zoëven reeds werd gewezen, steeds sneller toe bij temperaturen boven  $37^{\circ}$ . Nu heeft deze grote expansie boven de  $37^{\circ}$  geen directe betekenis voor het gietproces, maar het is van waarde het feit in gedachten te houden, dat, als gietwas vanuit gesmolten toestand tot  $37^{\circ}$  wordt afgekoeld, een grote contractie optreedt. Hierop wordt straks namelijk teruggekomen.

Voor de verdere kennis van gietwas is vooral een nadere beschouwing van de gestippelde lijn B in fig. 18 van belang. Hieruit komt n.l. naar voren, dat de wijze waarop de gietwas vooraf behandeld is, invloed heeft op zijn thermisch gedrag. Het proefblokje, waarmede de lijn A bepaald werd, was verkregen door de was in gesmolten toestand in de gietvorm van het proefblokje te gieten en gedurende het hardworden daarin werd de was steeds onder druk gehouden. Het proefblokje waarmede de lijn B gevonden werd, had men zonder deze druk laten afkoelen. Het gevolg blijkt te zijn, dat de was dan een geringere thermo-expansie te zien geeft.

De verklaring van dit verschijnsel is van belang voor het verkrijgen van een goed begrip, hoe men gietwas in de practijk moet behandelen om tot goede gietresultaten te kunnen komen.

De gietwas A is onder druk verhard, hetgeen betekent, dat de moleculen in de amorfe grondstoffen dichter tot elkaar gebracht zijn dan met hun evenwichtstoestand overeenkomt en in die toestand zijn zij bij het vastworden verstand. In de hardgeworden was zijn daardoor inwendige spanningen ontstaan, die in dit geval drukspanningen zijn. Laat men een dergelijk stuk was enige tijd liggen, dan zullen deze spanningen zich relaxeren, waarbij de moleculen hun evenwichtstoestand gaan innemen en het materiaal spanningloos wordt. Aangezien de moleculen in hun evenwichtstoestand iets verder van elkaar komen af te liggen dan bij de aanwezigheid van drukspanningen het geval was, gaat deze relaxatie met een expansie gepaard.

Bij temperatuurverhoging voltrekt de relaxatie zich sneller en de expansie, die het proefblokje A, waarin dergelijke inwendige drukspanningen voorkwamen, bij temperatuurverhoging vertoonde, stelde zich dus samen uit de gewone thermische expansie, vermeerderd met de relaxatie-expansie van de inwendige drukspanningen. Vandaar dat het proefblok A een grotere lineaire uitzetting vertoonde dan het proefblokje B, waarin geen inwendige drukspanningen aanwezig waren.

Men kan ook inwendige trekspanningen in een stuk gietwas veroorzaken en wel door b.v. aan de was te trekken als deze op het punt staat vast te worden. Ook deze spanningen in de verharde was zullen zich na enige tijd en sneller bij temperatuurverhoging relaxeren, waarbij de moleculen, die in dit geval verder dan in hun evenwichtstoestand van elkaar verwijderd waren, dichter bij elkaar komen. Dit betekent, dat in dit geval bij de relaxatie een contractie moet optreden. Bepaalt men dus de expansie bij temperatuurverhoging van een stuk gietwas, waarin inwendige trekspanningen aanwezig zijn, dan zal deze expansie geringer zijn dan die van een spanningvrij stuk was en natuurlijk veel geringer dan van een stuk was met inwendige drukspanningen.

Laat men gietwas, die gesmolten in een gietvorm gegoten werd, afkoelen, dan zal bij het uitkristalliseren van de kristallijne componenten een contractie optreden. Iedere stof immers, die van de gesmolten toestand in de kristallijne toestand overgaat, krimpt (behalve water). De grote contractie van was, vanaf de gesmolten toestand tot  $37^{\circ}$ , wordt door deze contractie gedurende het uitkristalliseren veroorzaakt.

De amorfe stoffen in de afkoelende was zullen deze krimp bij het kristalliseren van de kristallijne componenten aanvankelijk goed kunnen volgen. Maar bij het dalen van de temperatuur en vooral ook door het langzamerhand verdwijnen van het plasticceermiddel door de uitkristallisatie, wordt de amorfe phase in de was zo sterk visceus en taai, dat zij moeilijk de krimp rond de aangroeiende kristallen kan volgen. Er ontstaan dan trekspanningen in het materiaal, waaraan men door op de was druk uit te oefenen gedurende het verharden, tegemoet kan komen. Indien deze druk juist voldoende is om de amorfe stof in de was de krimp rond de uitgroeiende kristallen te doen volgen, kan een spanningloos stuk verkregen worden.

Resumerend heeft men bij het hardworden van gietwas in een gietvorm met de volgende drie mogelijkheden te maken:

- 1e. Het zonder uitwendige druk laten hard worden van gietwas in een gietvorm geeft aanleiding tot het ontstaan van inwendige trekspanningen. Het aldus vervaardigde wasmodel zal bij bewaren na enige tijd door de contractie, die het relaxeren van de trekspanningen vergezelt, van vorm veranderen. Bij de temperatuurverhoging die bij het verharden van de inbedmassa optreedt, zal de thermische expansie van de wasvorm in de richting van de trekspanningen kleiner zijn dan in andere richtingen en hiervan is een vervorming van het wasmodel het gevolg.
- 2e. Wordt gedurende het hardworden van de was in de gietvorm een te grote druk op de was uitgeoefend, b.v. omdat de was vooraf niet plastisch genoeg gemaakt was, dan kan dit aanleiding geven tot het ontstaan van inwendige drukspanningen in het wasmodel. Bij het laten liggen van een dergelijk wasmodel zal de relaxatie van deze drukspanningen de wasvorm door de daarbij optredende expansie vervormen en bij temperatuurverhoging zal eveneens een vertrekking van het model optreden, omdat in de richting van de drukspanningen de was meer zal uitzetten.
- 3e. Oefent men bij het hardworden van de was in de gietvorm een druk uit, juist voldoende om de contractie bij het uitkristalliseren te kunnen volgen, dan verkrijgt men een wasvorm zonder inwendige spanningen, die bij bewaren niet vertrekt en bij verhoging van temperatuur door de normale thermische expansie congruent aan zijn vorm uitzet. Het hangt van de caviteitvorm af en van de wijze, waarop b.v. in de mond de was kon worden aangedrukt in de caviteit, op welke plaatsen in het wasmodel eventuele inwendige spanningen zich zullen concentreren. Ter plaatse waar de was in een dikkere laag aanwezig is, zullen zich meer inwendige spanningen kunnen ophopen. De vervormingen, die het wasmodel dan later hetzij door contractie, hetzij door expansie kan ondergaan, zullen op die plaatsen dan het grootste zijn.

Uit het bovenstaande volgt, dat men bij het maken van gegoten vullingen er naar moet streven wasmodellen te verkrijgen, die zo



weinig mogelijk inwendige spanningen hebben. Dit is vooral bij de directe inlaytechniek geen eenvoudige opdracht, welke slechts in toereikende mate kan worden volbracht als men een goede gietwas ter beschikking heeft en dit materiaal met begrip van zijn eigenschappen behandelt.

Om tot goede gietresultaten te kunnen komen is het noodzakelijk, dat bij behandeling van gietwas de volgende punten in acht genomen worden:

- 1e. geen gietwas in gesmolten toestand in de caviteit brengen;
- 2e. geen onvoldoende plastisch gemaakte gietwas onder aanwending van grote druk in de caviteit persen;
- 3e. de gietwas moet door aanwending van droge warmte homogeen plastisch gemaakt worden, waarbij de temperatuur niet hoger opgevoerd mag worden dan de temperatuur, waarop de was juist voldoende plastisch is, om een scherpe afdruk van de caviteit mogelijk te maken;
- 4e. de gietwas, vooral als deze nog niet voldoende plastisch is, niet doorkneden, aangezien daarbij niet te controleren inwendige spanningen kunnen ontstaan in de was;
- 5e. de gietwas steeds onder aanwending van matige druk hard laten worden;
- 6e. de gietwas in de caviteit niet geforceerd koelen, aangezien dit de kans op het invriezen van inwendige spanningen vergroot;
- 7e. het verwarmen van de gietwas boven een vlam, waarbij de was oppervlakkig smelt, doet eveneens oncontroleerbare spanningen in het materiaal ontstaan en levert tevens het gevaar op, dat de meer vluchtige bestanddelen van de grondstoffen er uit verdwijnen, waardoor de eigenschappen van de was zich wijzigen;
- 8e. het zachtmaken van de gietwas in water is eveneens verwerpelijk, omdat er bestanddelen in voorkomen, die daarbij in het water kunnen overgaan met eveneens het gevolg, dat de eigenschappen zich in ongunstige zin wijzigen;
- 9e. de beste wijze van zachtmaken geschiedt met behulp van een kleine luchtstoof, die op een gecontroleerde en constante temperatuur gehouden wordt.

Men kan stellig aannemen, dat het in de praktijk niet mogelijk is een volkomen spanningloos wasmodel te maken. Maar niet alle inwendige spanningen behoeven bij de verdere bewerking hun nadelige invloed te doen gelden en zeker niet wanneer zij niet al te groot zijn. Bij een goede gietwas is de vastheid bij gewone temperatuur voldoende om een plastische vervorming onder invloed van niet te grote inwendige spanningen onmogelijk te maken als de wasvorm niet al te lang en op een koele plaats bewaard wordt, dus b.v. niet in de zon of in de buurt van branders. Ook bij de temperatuur, die de wasvorm tijdens het inbedden door de daarbij optredende verhardingswarmte bereikt, zijn goede gietwassoorten nog voldoende vast om een matige inwendige spanning te beletten het materiaal plastisch te vervormen.

Voordat men de beschikking had over de moderne inbedmassa's, die, zoals in het vorige hoofdstuk is besproken, voldoende thermische expansie bezitten, heeft men getracht aan de te kort schietende expansie bij de vroegere inbedmassa's tegemoet te komen door de zogenaamde wasexpansietechniek.

Hierbij werd dan gebruik gemaakt van de grote thermische expansie, die gietwas vooral boven  $37^{\circ}$  bezit om het wasmodel tijdens het verharden van de inbedmassa thermisch te expanderen. Daartoe bracht men het ingebedde wasmodel, voordat de inbedmassa verhard was, in een waterbad, waarvan men de temperatuur regelde naar gelang de grootte der expansie, die men aan de gietvorm wilde geven. Een nauwkeurige kennis van de lineaire uitzetting bij temperaturen boven  $37^{\circ}$  van de daarbij gebruikte gietwas was daarvoor in de allereerste plaats nodig. Na hetgeen echter daaromtrent in het bovenstaande is besproken en mede in verband met het feit, dat vooral bij hogere temperatuur de vertrekking van de gietvorm door het relaxeren van de daarin aanwezige inwendige spanningen sterk wordt bevorderd, behoeft het geen betoog om te begrijpen, dat het hier een techniek betrof, die weinig bevredigende resultaten gaf. Hier wordt van gietwas als materiaal meer verwacht dan het in werkelijkheid, zelfs in de technisch meest bekwame handen, ooit kan geven.

*(Wordt vervolgd)*